INTRODUCCIÓN

El excelente libro *Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificaciones* de los Ingenieros **Enrique Arnal** y **Salomón Epelboim**; realizado en el año 1.984 bajo solicitud y auspicios del Ministerio del Desarrollo Urbano de la República de Venezuela; editado por la Fundación Juan José Aguerrevere, Fondo Editorial del Colegio de Ingenieros de Venezuela; y basado en la Norma de *Estructuras de concreto armado para edificios* Covenin-Mindur 1753, en la Norma para *Edificaciones antisísmicas* Covenin-Mindur 1756, en la Norma de *Acciones mínimas para el proyecto de edificaciones* Covenin-Mindur 2002, en la Norma para el *Cálculo de la acción del viento en el proyecto de edificaciones* Covenin-Mindur y en la vasta experiencia de los autores, ha sido durante muchos años referencia obligada para el diseño de estructuras de concreto armado.

El éxito de este libro fue notable, y se agotó la existencia de todas sus ediciones. Actualmente solo circulan los ejemplares que tenemos quienes pudimos adquirirlo en su oportunidad. Más allá de ser un manual, esta obra constituye un libro de texto.

Mucha de la información contenida en este manual es perecedera, puesto que está referenciada a la normativa vigente para la época. Sin embargo, contiene información invaluable de carácter teórico, además de criterios para el buen diseño, que trascienden al tiempo y a las sucesivas normas. Es por este motivo que me he dado a la tarea de digitalizar algunos capítulos que siguen –y seguirán- vigentes, para el libre acceso de aquellos colegas que lo requieran. Cabe acotar que queda a juicio del ingeniero proyectista seguir los criterios expuestos en este texto, cuando sean aplicables, puesto que no son prescriptivos.

Debido a que es un producto que fue realizado por el gobierno nacional, y cuya data es de hace 25 años, no pienso que no pueda pertenecer al dominio público, tal como hoy día ocurre con las Normas Covenin. Esta difusión pública se ha realizado sin el permiso previo para ello.

Antolín Martínez A.
Puerto Ordaz, Julio 2010

CAPÍTULO 9 – SECCIONES 9.5 y 9.6

Cabezales para pilotes sometidos a carga axial (9.5). Aplicación de las tablas a cabezales para pilotes sometidos a carga axial y momento (9.6).

ASPECTOS GENERALES

El proyecto de cabezales para pilotes ha evolucionado a través de las diversas normas empleadas en Venezuela y en otros países.

Anteriormente se usó para el cálculo de estos elementos, el método llamado de la viga, en el cual el cabezal era considerado como una viga apoyada sobre los pilotes y cargada con las acciones transmitidas por la columna; este método, que se sigue utilizando para ciertos tipos de cabezales flexibles, no es muy apropiado para los cabezales rígidos que se emplean actualmente, - pues en ellos la altura es comparable a la distancia entre pilotes por lo cual no resulta aplicable los métodos convencionales para el diseño de vigas.

En Francia e Inglaterra se desarrolló el llamado método de las bielas - que toma en cuenta la gran rigidez del cabezal y considera que la carga es - transmitida de la columna hacia los pilotes por medio de las bielas comprimidas que se forman en el cuerpo del cabezal. Este procedimiento conduce a resultados muy satisfactorios que han sido comprobados experimentalmente.

El método de las bielas fue el empleado para las tablas que se insertan más adelante.

NOTACION GENERAL:
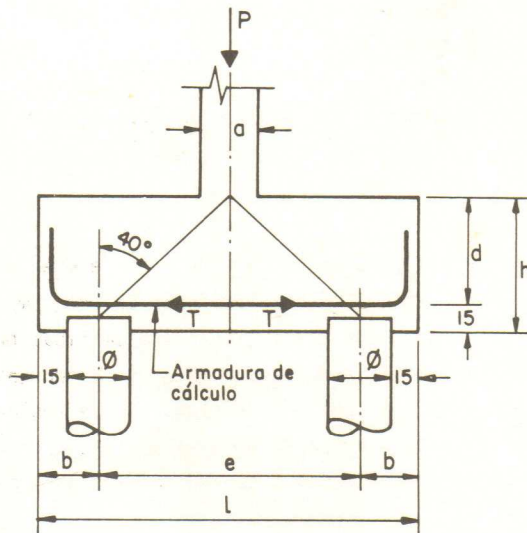
ϕ = diámetro del pilote

a = ancho de la columna

b = $\dfrac{\phi}{2}$ + 15

c = $\dfrac{c_1}{2}$

c_1 = b $\dfrac{\sqrt{3}}{2}$

d = altura útil del cabezal

e = separación entre pilotes

f = e $\dfrac{\sqrt{3}}{2}$

f_1 = $\dfrac{2}{3}$ f

f_2 = $\dfrac{1}{3}$ f

g = e $\dfrac{\sqrt{2}}{2}$

h = altura total del cabezal = d + 15

ℓ_1 = lado del cabezal

ℓ_2 = lado del cabezal

P = carga axial de la columna

pp = peso propio del cabezal

R_p = capacidad de carga del pilote

En las tablas siguientes se dan la geometría, las áreas de acero y la reacción máxima de un pilote, para los cabezales de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 pilotes para los diámetros más usuales y distintas capacidades de carga.

564

TABLA 9.39

CARACTERÍSTICAS MÁS USUALES PILOTES

DIAMETRO cm	ÁREA $(A_p = 0.79\phi^2)$ cm^2	ARMADURA MÍNIMA (0.5 % A) cm^2	CAPACIDAD DE CARGA (1)	
			$P = 35.55 \phi^2$ Ton	$P = 43.18 \phi^2$ Ton
42	1394	5 ϕ 1/2	63	75
50	1975	5 ϕ 5/8	89	110
52	2136	5 ϕ 5/8	96	115
55	2390	6 ϕ 5/8	108	130
57	2567	7 ϕ 5/8	116	140
60	2844	6 ϕ 3/4	128	155
65	3338	6 ϕ 3/4	150	180
70	3871	7 ϕ 3/4	174	210
80	5056	9 ϕ 3/4	228	275
90	6399	9 ϕ 7/8	288	350
100	7900	11 ϕ 7/8	356	430

(1) Para la capacidad de carga de los pilotes se ha supuesto   que el
     concreto trabaja entre 45 y 55 kg/cm^2.

$$P = (0.79 \phi^2) \ 45 \ = \ 35.55 \ \phi^2$$

$$P = (0.79 \phi^2) \ 55 \ = \ 43.18 \ \phi^2$$

Estos valores son aproximados y están supeditados a los determinados
en el estudio de suelos.

CAPACIDAD DE CARGA PILOTES

Cabezal	Valor de T	d	A_s
2 Pilotes	$T = \dfrac{P\,(2e - a)}{8\,d}$	$d \geq \dfrac{e}{2}\ \text{tg } 50$	$A_s = \dfrac{T}{f_s}$
3 Pilotes	$T = \dfrac{P\,(2e\sqrt{3} - a\sqrt{2}\ )}{18\sqrt{3}\,d}$	$d \geq 0577\,e\ \text{tg } 50$ _tg 50°/√3_	$A_s = \dfrac{T}{f_s}$
4 Pilotes	$T = \dfrac{P\,(2e - a)}{8\,d}$	$d \geq \dfrac{e}{2}\sqrt{2}\ \text{tg } 50$	$A_s = \dfrac{T}{f_s}$
5 Pilotes	$T = \dfrac{P\,(2e - a)}{10\,d}$	$d \geq e\ \text{tg } 50$	$A_s = \dfrac{T}{f_s}$
6 Pilotes Hexagonal	$T_x = \dfrac{P\,e}{3\,d} \qquad T_y = \dfrac{P\,e}{2\sqrt{3}\,d}$	$d \geq e\ \text{tg } 50$	$A_s = \dfrac{T}{f_s}$
6 Pilotes Rectangular	$T_x = \dfrac{P\,e}{3\,d} \qquad T_y = \dfrac{P\,e}{4\,d}$	$d \geq 1.12\,e\ \text{tg } 50$	$A_s = \dfrac{T}{f_s}$
7 Pilotes	$T_x = \dfrac{2\,P\,e}{7\,d} \qquad T_y = \dfrac{Pe\sqrt{3}}{7\,d}$	$d \geq e\ \text{tg } 50$	$A_s = \dfrac{T}{f_s}$
8 Pilotes	$T_x = \dfrac{5\,P\,e}{16\,d} \qquad T_y = \dfrac{3\sqrt{3}\,P\,e}{16\,d}$	$d \geq 1.32\,e\ \text{tg } 50$	$A_s = \dfrac{T}{f_s}$
9 Pilotes	$T = \dfrac{\sqrt{2}\,P\,e}{6\,d}$	$d \geq e\sqrt{2}\ \text{tg } 50°$	$A_s = \dfrac{T}{f_s}$
10 Pilotes	$T_x = \dfrac{4\,P\,e}{10\,d} \qquad T_y = \dfrac{3\sqrt{3}\,P\,e}{20\,d}$	$d \geq 1.32\,e\ \text{tg } 50$	$A_s = \dfrac{T}{f_s}$

NOTAS GENERALES:

1) Las tablas para el diseño de cabezales son válidas para cualquier resistencia f'_c del concreto.

2) Las tablas vienen dadas para dos separaciones de pilotes:
   a) $e = 2.5\ \phi$
   b) $e = 3.0\ \phi$

3) El acero de los cabezales se calculó con la expresión $A_s = \dfrac{T}{f_s}$ valor que es inferior al exigido por la Sección 15.4.5 de las Normas, que es válida para elementos sometidos a flexión, en cambio los cabezales se han dimensionado para soportar tracciones y compresiones.

4) Todas las armaduras de los cabezales irán dispuestos en forma de malla paralelas a los lados L_1 y L_2 del mismo, con excepción del cabezal de tres pilotes cuyas armaduras se dispondrán entre pilotes.

5) Para el detalle de armado de los cabezales, véase figura 13.10 a 13.13

6) Las vigas de riostra deberán diseñarse para absorber los momentos

USO DE LAS TABLAS:

1) Se toma el valor de $P_{máx}$ proveniente del cálculo de la superestructura.

2) Se multiplica $P_{máx}$ por 1.05 para tomar en cuenta el peso propio del cabezal. El peso específico del concreto se tomó igual a 2400 kg/m^3.

3) Se escoge de la tabla de capacidades de carga la combinación más adecuada de pilotes.

4) Se entra a la tabla correspondiente en la línea que tiene el valor de P inmediato superior al calculado en (2).

Las tablas fijan los valores de ancho mínimo de columna "a" y la altura útil "d" del cabezal, de acuerdo a la carga aplicada y a las dimensiones del cabezal, de tal manera de obtener un elemento rígido.

5) Se obtiene los valores necesarios para el diseño del cabezal.

TABLA 9.40

CAPACIDAD DE CARGA DE PILOTES *CABEZALES DE PILOTES*

Diámetro de Pilote (cm)	N° DE PILOTES									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
42	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600
	75	150	225	300	375	450	525	660	675	750
50	90	180	270	360	450	540	630	720	810	900
	110	220	330	440	550	660	770	880	990	1100
52	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
	115	230	345	460	575	690	805	920	1035	1150
55	110	220	330	440	550	660	770	880	990	1100
	130	260	390	520	650	780	910	1040	1170	1300
57	120	240	360	480	600	720	840	960	1080	
	140	280	420	560	700	840	980	1120	1260	
60	130	260	390	520	650	780	910	1040		
	155	310	465	620	775	930	1085	1240		
65	150	300	450	600	750	900	1050			
	165	330	495	660	825	990	1155			
	180	360	540	720	900	1080	1260			
70	170	340	510	680	850	1020				
	190	380	570	760	950	1140				
	210	420	630	840	1050	1260				
80	230	460	690	920	1150					
	245	490	735	980	1225					
	275	550	825	1100	1375					
90	290	580	870	1160						
	320	640	960	1280						
	350	700	1050	1400						
100	360	720	1080							
	395	790	1185							
	430	860	1290							

TABLA 9.41

CABEZALES DE 2 PILOTES

x l₂ b e l₁ b y

DATOS					GEOMETRIA								ARMADURA				Rp
DIAM cm	P ton	a min cm	e cm	b cm	c cm	c₁ cm	f cm	g cm	l₁ cm	l₂ cm	d cm	h cm	2800 kg/cm² ASx cm²	ASy cm²	4200 kg/cm² ASx cm²	ASy cm²	Rp ton
42	120	40	105	35					180	70	65	80	27.25	AS rep	18.17	AS rep	58
			125						200	70	75	90	29.33		19.55		59
42	150	45	105	35					180	70	65	80	32.93		21.95		73
			125						200	70	75	90	35.60		23.73		73
50	180	50	125	40					205	80	75	90	41.66	AS rep	27.77	AS rep	87
			150						230	80	90	105	43.67		29.11		88
50	220	55	125	40					205	80	75	90	49.46		32.97		107
			150						230	80	90	105	52.05		34.70		107
52	200	50	130	40					210	80	80	95	45.54	AS rep	30.36	AS rep	97
			155						240	80	95	110	47.78		31.96		98
52	230	55	130	40					210	80	80	95	51.96		34.00		111
			155						240	80	95	110	53.71		35.81		112
55	220	55	140	45					225	85	85	100	50.60	AS rep	33.74	AS rep	107
			165						250	85	100	115	52.89		35.26		108
55	260	60	140	45					225	85	85	100	58.28		38.86		126
			165						250	85	100	115	61.11		40.74		127
57	240	60	145	45					230	90	90	105	53.34	AS rep	35.56	AS rep	117
			170						260	90	100	115	58.76		39.17		118
57	280	60	145	45					230	90	90	105	62.04		41.36		136
			170						260	90	100	115	68.28		45.12		137
60	260	60	150	45					240	90	90	105	60.25	AS rep	40.17	AS rep	127
			180						270	90	110	125	62.07		41.38		127
60	310	65	150	45					240	90	90	105	70.10		46.73		150
			180						270	90	110	125	72.44		48.29		151
65	300	65	165	50					260	95	100	115	69.22	AS rep	46.14	AS rep	146
			195						290	95	120	135	71.25		47.50		147
65	330	70	165	50					260	95	100	115	74.54		49.69		161
			195						290	95	120	135	76.96		51.30		162
65	360	70	165	50					260	95	100	115	81.17		54.12		175
			195						290	95	120	135	83.76		55.84		176
70	340	70	175	50					275	100	105	120	78.98	AS rep	52.66	AS rep	166
			210						310	100	125	140	83.56		55.70		167
70	380	70	175	50					275	100	105	120	88.05		58.70		185
			210						310	100	125	140	93.08		62.05		186
70	420	75	175	50					275	100	105	120	95.39		63.59		204
			210						310	100	125	140	101.14		67.43		205
80	460	80	200	55					310	110	120	135	106.94	AS rep	71.29	AS rep	225
			240						350	110	145	160	111.55		74.36		226
80	490	80	200	55					310	110	120	135	113.74		75.83		239
			240						350	110	145	160	118.58		79.06		241
80	550	90	200	55					310	110	120	135	123.37		82.25		267
			240						350	110	145	160	129.34		86.23		269

569

T A B L A 9.41

CABEZALES DE 2 PILOTES
(continuación)

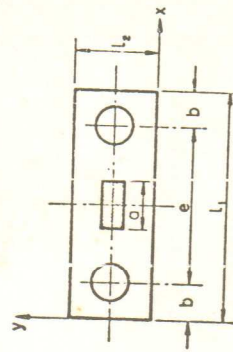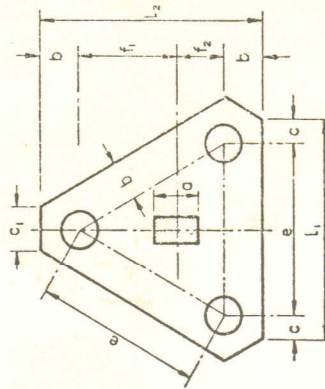| DATOS					GEOMETRIA								ARMADURA				
DIAM	P	a_min	e	b	c	c_1	f	g	l_1	l_2	d	h	2800 kg/cm²		4200 kg/cm²		Rp
cm	ton	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	ASx cm²	ASy cm²	ASx cm²	ASy cm²	ton
90	580	90	225	60					345	120	135	150	135.07	AS rep	90.05	AS rep	284
			270						390	120	160	175	143.65		95.77		286
90	640	95	225	60					345	120	135	150	146.61		97.74		312
			270						390	120	160	175	156.24		104.16		315
90	700	100	225	60					345	120	135	175	157.77		105.18		341
			270						390	120	160	175	168.52		112.34		343
100	720	100	250	65					380	130	150	165	167.92	AS rep	111.95	AS rep	353
			300						430	130	180	195	176.56		117.70		356
100	790	105	250	65					380	130	150	165	181.50		121.00		386
			300						430	130	180	195	191.16		127.44		389
100	860	110	250	65					380	130	150	165	194.68		129.78		419
			300						430	130	180	195	205.43		136.96		423

T A B L A 9.42

CABEZALES DE 3 PILOTES

	DATOS							GEOMETRIA					ARMADURA				
													2800 kg/cm²		4200 kg/cm²		
DIAM cm	P ton	a min cm	e cm	b cm	c cm	c₁ cm	f cm	g cm	l₁ cm	l₂ cm	d cm	h cm	ASx cm²	ASy cm²	ASx cm²	ASy cm²	Rp ton
42	180	50	105	35	20	40	90		145	90	70	85	7.98		5.32		58
			125				110		165	110	85	100	8.54	AS rep	5.70	AS rep	59
42	225	55	105	35	20	40	90		145	90	70	85	9.43		6.29		73
			125				110		165	110	85	100	10.20		6.80		73
50	270	60	125	40	25	45	110		175	110	85	100	11.71		7.80		88
			150				130		200	130	105	120	12.48	AS rep	8.32	AS rep	89
50	330	70	125	40	25	45	110		175	110	85	100	13.03		8.69		107
			150				130		200	130	105	120	14.17		9.45		108
52	300	65	130	40	25	50	115		180	115	90	105	12.51		8.34		97
			155				135		205	135	110	125	13.42	AS rep	8.95	AS rep	99
52	345	70	130	40	25	50	115		180	115	90	105	13.74		9.16		112
			155				135		205	135	110	125	14.87		9.91		113
55	330	70	140	45	25	50	120		190	120	100	115	13.37		8.91		107
			165				145		215	145	115	130	14.98	AS rep	9.99	AS rep	109
55	390	75	140	45	25	50	120		190	120	100	115	15.13		10.08		127
			165				145		215	145	115	130	17.07		11.38		128
57	360	70	145	45	25	50	125		195	125	100	115	15.38		10.25		117
			170				150		220	150	120	135	16.34	AS rep	10.89	AS rep	118
57	420	75	145	45	25	50	125		195	125	100	115	17.22		11.48		136
			170				150		220	150	120	135	18.41		12.28		137
60	390	75	150	45	25	50	130		200	130	105	120	16.12		10.75		127
			180				155		230	155	125	140	17.94	AS rep	11.96	AS rep	128
60	465	80	150	45	25	50	130		200	130	105	120	18.45		12.30		151
			180				155		230	155	125	140	20.67		13.78		152
65	450	80	165	50	30	55	145		225	150	115	120	19.04		12.70		147
			195				170		255	170	135	150	20.95	AS rep	13.97	AS rep	149
65	495	80	165	50	30	55	145		225	150	115	130	20.90		13.93		161
			195				170		255	170	135	150	22.97		15.31		163
65	540	85	165	50	30	55	145		225	150	115	130	22.01		14.67		176
			195				170		255	170	135	150	24.34		16.23		177
70	510	85	175	50	30	60	150		235	150	120	135	21.94		14.63		167
			210				180		270	180	145	160	24.01	AS rep	16.01	AS rep	169
70	570	90	175	50	30	60	150		235	150	120	135	23.69		15.79		186
			210				180		270	175	145	160	26.09		17.39		188
70	630	95	175	50	30	60	150		235	150	120	135	25.29		16.86		205
			210				180		270	180	145	160	28.04		18.69		207
80	690	100	200	55	30	65	175		260	175	140	155	28.69		19.12		226
			240				210		300	210	180	180	32.32	AS rep	21.54	AS rep	229
80	735	100	200	55	30	65	175		260	175	140	155	30.50		20.33		240
			240				210		300	210	180	180	34.33		22.89		243
80	825	105	200	55	30	65	175		260	175	140	155	33.19		22.13		269
			240				210		300	210	165	180	37.56		25.04		272

T A B L A 9.42

CABEZALES DE 3 PILOTES
(continuación)

DATOS							GEOMETRIA						ARMADURA				
													2800 kg/cm²		4200 kg/cm²		
DIAM cm	P ton	a min cm	e cm	b cm	c cm	c₁ cm	f cm	g cm	l₁ cm	l₂ cm	d cm	h cm	ASx cm²	ASy cm²	ASx cm²	ASy cm²	RP ton
90	870	110	225	60	35	70	195		295	195	155	170	37.28		24.85		286
			270	60	35	70	235		340	235	185	200	41.43		27.62		290
90	960	115	225	60	35	70	195		295	195	155	170	40.03	AS rep	26.68	AS rep	314
			270	60	35	70	235		340	235	185	200	44.67		29.78		319
90	1050	120	225	60	35	70	195		295	195	155	170	42.59		28.40		343
			270	60	35	70	235		340	235	185	200	47.76		31.84		347
100	1080	120	250	65	40	75	220		330	220	175	190	46.12		30.74		355
			300	65	40	75	260		380	260	210	225	50.94		33.96		362
100	1185	130	250	65	40	75	220		330	220	175	190	48.28	AS rep	32.19	AS rep	389
			300	65	40	75	260		380	260	210	225	53.81		35.87		395
100	1290	130	250	65	40	75	220		330	220	175	190	52.42		34.95		422
			300	65	40	75	260		380	260	210	225	58.35		38.90		428

T A B L A 9.43

CABEZALES DE 4 PILOTES

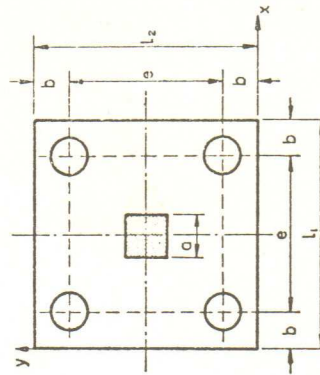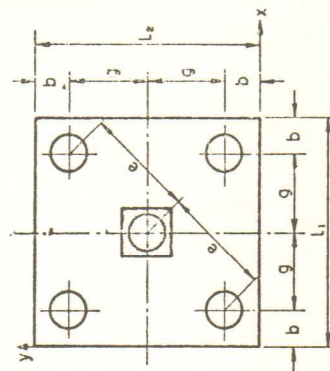| DATOS | | | | | GEOMETRIA | | | | | | | | ARMADURA | | | | Rp |
DIAM cm	P ton	a min cm	* cm	b cm	c cm	c₁ cm	f cm	g cm	l₁ cm	l₂ cm	d cm	h cm	2800 kg/cm² ASx cm²	2800 kg/cm² ASy cm²	4200 kg/cm² ASx cm²	4200 kg/cm² ASy cm²	ton
42	240	60	105	35					180	180	90	105	35.23	35.23	23.49	23.49	59
42	240	60	125	35					200	200	105	120	38.79	38.79	25.86	25.86	60
42	300	65	105	35					180	180	90	105	42.27	42.27	28.18	28.18	73
42	300	65	125	35					200	200	105	120	46.76	46.76	31.17	31.17	74
50	360	70	125	40					205	205	105	120	54.33	54.33	36.22	36.22	89
50	360	70	150	40					230	230	125	140	59.25	59.25	39.50	39.50	90
50	440	80	125	40					205	205	105	120	62.33	62.33	41.55	41.55	108
50	440	80	150	40					230	230	125	140	68.64	68.64	45.76	45.76	109
52	400	75	130	40					210	210	110	125	59.19	59.19	39.46	39.46	99
52	400	75	155	40					240	240	130	145	64.72	64.72	43.15	43.15	100
52	460	80	130	40					210	210	110	125	65.94	65.94	43.96	43.96	113
52	460	80	152	40					240	240	130	145	72.37	72.37	48.25	48.25	115
55	440	80	140	45					225	225	120	135	64.80	64.80	43.20	43.20	109
55	440	80	165	45					250	250	140	155	70.52	70.52	47.01	47.01	111
55	520	85	140	45					225	225	120	135	74.23	74.23	49.49	49.49	128
55	520	85	165	45					250	250	140	155	81.01	81.01	54.01	54.01	130
57	480	80	145	45					230	230	120	135	74.11	74.11	49.40	49.40	119
57	480	80	170	45					260	260	145	160	77.34	77.34	51.56	51.56	121
57	560	90	145	45					230	230	120	135	81.92	81.92	54.61	54.61	138
57	560	90	170	45					260	260	145	160	86.10	86.10	57.40	57.40	140
60	520	85	150	45					240	240	125	140	79.03	79.03	52.68	52.68	129
60	520	85	180	45					270	270	150	165	85.79	85.79	57.19	57.19	131
60	620	90	150	45					240	240	125	140	91.47	91.47	60.98	60.98	152
60	620	90	180	45					270	270	150	165	99.54	99.54	66.36	66.36	155
65	600	90	165	50					260	260	140	155	91.31	91.31	60.88	60.88	149
65	600	90	195	50					290	290	165	180	98.66	98.66	65.77	65.77	152
65	660	95	165	50					260	260	140	155	97.97	97.97	65.32	65.32	163
65	660	95	195	50					290	290	165	180	106.14	106.14	70.76	70.76	166
65	720	100	165	50					260	260	140	155	104.27	104.27	69.51	69.51	178
65	720	100	195	50					290	290	165	180	113.31	113.31	75.54	75.54	181
70	680	95	175	50					275	275	150	165	102.84	102.84	68.56	68.56	169
70	680	95	210	50					310	310	175	190	114.65	114.65	76.43	76.43	173
70	760	100	175	50					275	275	150	165	112.17	112.17	74.78	74.78	188
70	760	100	210	50					310	310	175	190	125.33	125.33	83.55	83.55	192
70	840	110	175	50					275	275	150	165	118.56	118.56	79.04	79.04	207
70	840	110	210	50					310	310	175	190	133.46	133.46	88.97	88.97	211
80	920	110	200	55					310	310	170	185	139.95	139.95	93.30	93.30	230
80	920	110	240	55					350	350	200	215	155.17	155.17	103.45	103.45	235
80	980	115	200	55					310	310	170	185	146.09	146.09	97.40	97.40	244
80	980	115	240	55					350	350	200	215	162.38	162.38	108.26	108.26	249
80	1100	120	200	55					310	310	170	185	160.34	160.34	106.89	106.89	273
80	1100	120	240	55					350	350	200	215	178.53	178.53	119.02	119.02	278
90	1160	125	225	60					345	345	190	205	177.67	177.67	118.45	118.45	291
90	1160	125	270	60					390	390	230	245	192.39	192.39	128.26	128.26	299
90	1280	130	225	60					345	345	190	205	192.12	192.12	128.08	128.08	319
90	1280	130	270	60					390	390	230	245	208.26	208.26	138.84	138.84	327
90	1400	140	225	60					345	345	190	205	202.77	202.77	135.18	135.18	348
90	1400	140	270	60					390	390	230	245	220.93	220.93	147.28	147.28	356

573

TABLA 9.44

CABEZALES DE 5 PILOTES

	DATOS			GEOMETRIA										ARMADURA				
														2800 kg/cm²		4200 kg/cm²		
DIAM	P	a_min	e	b	c	c₁	f	g	l₁	l₂	d	h	ASx	ASy	ASx	ASy	Rp
cm	ton	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm²	cm²	cm²	cm²	ton
42	300	65	105	35				75	220	220	125	140	23.68	23.68	15.79	15.79	57
			125					90	250	250	150	165	25.18	25.18	16.79	16.79	57
42	375	70	105	35				75	220	220	125	140	28.58	28.58	19.05	19.05	71
			125					90	250	250	150	165	30.63	30.63	20.42	20.42	71
50	450	80	125	40				90	260	260	150	165	34.71	34.71	23.14	23.14	86
			150					105	290	290	180	195	37.43	37.43	24.96	24.96	86
50	550	90	125	40				90	260	260	150	165	39.92	39.92	26.61	26.61	105
			150					105	290	290	180	195	43.67	43.67	29.11	29.11	105
52	500	80	130	40				90	265	265	155	170	39.51	39.51	26.34	26.34	95
			155					110	300	300	185	200	42.31	42.31	28.20	28.20	95
52	575	90	130	40				90	265	265	155	170	42.91	42.91	28.61	28.61	110
			155					110	300	300	185	200	46.53	46.53	31.02	31.02	110
55	550	90	140	45				100	300	300	170	185	41.83	41.83	27.89	27.89	105
			165					120	320	320	195	210	46.07	46.07	30.71	30.71	105
55	650	95	140	45				100	300	300	170	185	48.13	48.13	32.09	32.09	124
			165					120	320	320	195	210	53.31	53.31	35.54	35.54	124
57	600	90	145	45				105	290	290	175	190	46.66	46.66	31.11	31.11	114
			170					120	330	330	200	215	51.04	51.04	34.03	34.03	114
57	700	100	145	45				105	290	290	175	190	51.72	51.72	34.48	34.48	133
			170					120	330	330	200	215	57.17	57.17	38.11	38.11	133
60	650	95	150	45				105	300	300	180	195	50.38	50.38	33.58	33.58	124
			180					130	345	345	215	230	54.53	54.53	36.35	36.35	124
64	775	105	150	45				105	300	300	180	195	57.13	57.13	38.09	38.09	148
			180					130	345	345	215	230	62.55	62.55	41.70	41.70	148
65	750	100	165	50				120	330	330	195	210	60.20	60.20	40.13	40.13	143
			195					140	370	370	230	245	64.36	64.36	42.91	42.91	143
65	825	105	165	50				120	330	330	195	210	64.78	64.78	43.19	43.19	157
			195					140	370	370	230	245	69.57	69.57	46.38	46.38	157
65	900	110	165	50				120	330	330	195	210	69.09	69.09	46.06	46.06	171
			195					140	370	370	230	245	74.56	74.56	49.71	49.71	171
70	850	110	175	50				125	350	350	210	225	66.11	66.11	44.07	44.07	162
			210					150	400	400	250	265	71.73	71.73	47.82	47.82	162
70	950	115	175	50				125	350	350	210	225	72.34	72.34	48.23	48.23	181
			175					150	400	400	250	265	78.88	78.88	52.58	52.58	181
70	1050	120	175	50				125	350	350	210	225	78.25	78.25	52.17	52.17	200
			210					150	400	400	250	265	85.75	85.75	57.16	57.16	200
80	1150	125	200	55				140	395	395	240	255	89.67	89.67	59.78	59.78	219
			240					170	450	450	285	300	97.49	97.49	64.99	64.99	219
80	1225	130	200	55				140	395	395	240	255	93.78	93.78	62.52	62.52	233
			240					170	450	450	285	300	102.38	102.38	68.25	68.25	233
80	1375	140	200	55				140	450	450	240	255	101.36	101.36	67.57	67.57	262
			240					170	450	450	285	300	111.63	111.63	74.42	74.42	262

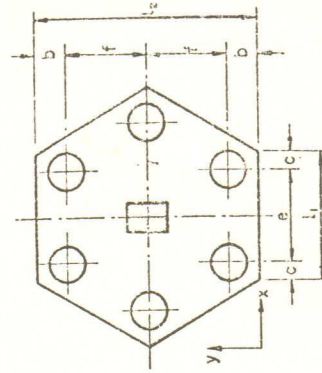| DATOS					GEOMETRIA								ARMADURA				
													2800 kg/cm²		4200 kg/cm²		
DIAM cm	P ton	a_min cm	e cm	b cm	c cm	c_1 cm	f cm	g cm	l_1 cm	l_2 cm	d cm	h cm	ASx cm²	ASy cm²	ASx cm²	ASy cm²	Rp ton
42	360	70	105	35	20	40	90		145	250	125	140	72.24	62.56	48.16	41.71	60
			125				110		165	290	150	165	73.58	63.73	49.06	42.48	62
			105				90		145	250	125	140	89.39	77.41	59.59	-51.61	74
42	450	80	125	35	20	40	110		165	290	150	165	90.59	78.45	60.39	52.30	76
50	540	85	150	40	25	45	110		175	300	150	150	108.29	93.78	72.19	62.52	91
			125				130		200	340	180	195	111.69	96.73	74.46	64.48	94
50	662	95	125	40	25	45	110		175	300	150	165	130.97	113.42	87.31	75.61	110
			150				130		200	340	180	195	134.37	116.36	89.58	77.58	117
52	600	90	130	40	25	50	115		180	310	155	170	120.97	104.76	80.65	69.84	101
			155				135		205	350	185	200	124.45	107.77	82.96	71.85	104
52	690	100	130	40	25	50	115		180	310	155	170	138.09	119.59	92.06	79.72	115
			155				135		205	350	185	200	141.54	122.58	94.36	81.72	118
55	660	95	140	45	25	50	120		190	325	170	195	131.41	113.81	87.61	75.87	112
			165				145		215	375	195	210	138.83	120.23	92.55	80.15	115
55	780	105	140	45	25	50	120		190	325	170	185	153.82	133.22	102.55	86.81	131
			165				145		215	375	195	210	161.85	140.17	107.90	93.45	134
57	720	100	145	45	25	50	125		195	340	175	190	144.16	124.85	96.11	83.23	122
			170				150		220	390	200	215	151.91	131.56	101.27	87.70	125
57	840	110	145	45	25	50	125		195	340	175	190	166.71	144.38	111.14	96.25	141
			170				150		220	390	200	215	175.04	151.59	116.69	101.06	144
60	780	105	150	45	25	50	130		200	350	190	195	157.04	136.00	104.69	90.67	132
			180				155		230	400	215	230	163.20	141.34	108.80	94.22	136
60	930	110	150	45	25	50	130		200	350	190	195	185.39	160.55	123.59	107.03	156
			180				155		230	400	215	230	191.65	166.00	127.79	119.66	140
65	900	105	165	50	30	55	145		225	385	210	210	186.04	161.12	124.03	107.41	154
			195				170		255	435	230	245	193.08	167.21	128.72	111.47	159
65	990	115	165	50	30	55	145		225	385	195	210	203.31	176.07	135.54	117.38	168
			195				170		255	435	230	245	210.38	182.20	140.25	121.46	174
65	1080	120	165	50	30	55	145		225	385	155	210	220.58	191.02	147.05	127.35	182
			195				170		255	435	230	245	227.68	197.18	151.79	131.45	188
70	1020	120	175	50	30	60	150		235	400	210	225	208.12	180.23	138.74	120.16	175
			210				180		270	460	250	265	218.38	189.12	145.58	126.08	182
70	1140	125	175	50	30	60	150		235	400	210	225	230.79	199.87	153.86	133.25	194
			210				180		270	460	250	265	241.23	208.92	160.82	139.28	201
70	1260	130	175	50	30	60	150		235	400	210	225	253.47	219.51	169.98	146.34	213
			210				180		270	460	250	265	264.09	228.71	176.06	152.47	220

T A B L A   9.46

CABEZALES   DE   6   PILOTES.

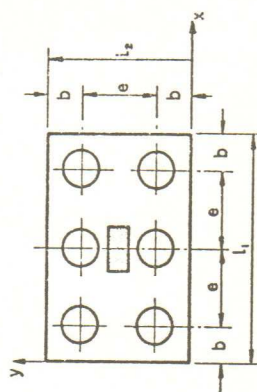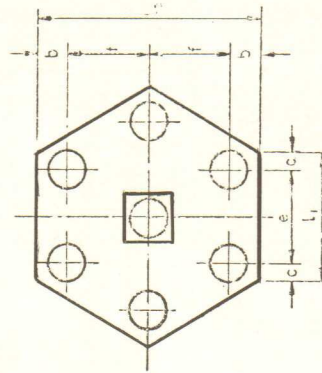| DATOS | | | | | GEOMETRIA | | | | | | | | ARMADURA | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | 2800 kg/cm² | | 4200 kg/cm² | | | |
| DIAM | P | a_min | e | b | c | c_1 | f | g | l_1 | l_2 | d | h | ASx | ASy | ASx | ASy | Rp |
| cm | ton | cm | cm | cm | cm | cm | cm | cm | cm | cm | cm | cm | cm² | cm² | cm² | cm² | ton |
| 42 | 360 | 70 | 105 | 35 | | | | | 280 | 180 | 140 | 155 | 64.57 | 48.43 | 43.05 | 32.29 | 60 |
| | | | 125 | | | | | | 320 | 200 | 165 | 180 | 66.83 | 50.12 | 44.55 | 33.41 | 62 |
| 42 | 450 | 80 | 105 | 35 | | | | | 280 | 180 | 140 | 155 | 79.88 | 59.91 | 53.25 | 39.94 | 75 |
| | | | 125 | | | | | | 320 | 200 | 165 | 180 | 82.29 | 61.72 | 54.86 | 41.15 | 76 |
| 50 | 540 | 85 | 125 | 40 | | | | | 330 | 205 | 165 | 180 | 98.04 | 73.53 | 65.36 | 49.02 | 91 |
| | | | 150 | | | | | | 380 | 230 | 200 | 215 | 99.89 | 74.92 | 66.59 | 49.95 | 93 |
| 50 | 660 | 95 | 125 | 40 | | | | | 330 | 205 | 165 | 180 | 118.65 | 88.99 | 79.10 | 59.33 | 110 |
| | | | 150 | | | | | | 380 | 230 | 200 | 215 | 120.30 | 90.22 | 80.20 | 60.15 | 112 |
| 52 | 600 | 90 | 130 | 40 | | | | | 340 | 210 | 175 | 190 | 106.83 | 80.12 | 71.22 | 53.41 | 101 |
| | | | 155 | | | | | | 390 | 240 | 205 | 220 | 111.77 | 83.83 | 74.51 | 55.88 | 103 |
| 52 | 690 | 100 | 130 | 40 | | | | | 340 | 210 | 175 | 190 | 121.99 | 91.49 | 81.33 | 60.99 | 115 |
| | | | 155 | | | | | | 390 | 240 | 205 | 220 | 127.20 | 95.40 | 84.80 | 63.60 | 118 |
| 55 | 660 | 95 | 140 | 45 | | | | | 365 | 225 | 185 | 200 | 120.36 | 90.27 | 80.24 | 60.18 | 111 |
| | | | 165 | | | | | | 415 | 250 | 220 | 235 | 122.69 | 92.02 | 81.80 | 61.35 | 115 |
| 55 | 780 | 105 | 140 | 45 | | | | | 365 | 225 | 185 | 200 | 140.95 | 105.71 | 93.97 | 70.48 | 130 |
| | | | 165 | | | | | | 415 | 250 | 220 | 235 | 143.10 | 107.33 | 95.40 | 71.55 | 134 |
| 57 | 720 | 100 | 145 | 45 | | | | | 380 | 230 | 195 | 210 | 129.20 | 96.90 | 86.13 | 64.60 | 122 |
| | | | 170 | | | | | | 430 | 260 | 225 | 240 | 134.94 | 101.21 | 89.96 | 67.47 | 125 |
| 57 | 840 | 110 | 145 | 45 | | | | | 380 | 230 | 195 | 210 | 149.43 | 112.08 | 99.62 | 74.72 | 141 |
| | | | 170 | | | | | | 430 | 260 | 225 | 240 | 155.50 | 116.62 | 103.67 | 77.75 | 144 |
| 60 | 780 | 105 | 150 | 45 | | | | | 390 | 240 | 200 | 215 | 141.28 | 105.96 | 94.19 | 70.64 | 132 |
| | | | 180 | | | | | | 450 | 270 | 240 | 255 | 145.93 | 109.45 | 97.29 | 72.97 | 136 |
| 60 | 930 | 110 | 150 | 45 | | | | | 390 | 240 | 200 | 215 | 166.79 | 125.09 | 111.19 | 83.39 | 156 |
| | | | 180 | | | | | | 450 | 270 | 240 | 255 | 171.44 | 128.58 | 114.29 | 85.72 | 160 |
| 65 | 900 | 110 | 165 | 50 | | | | | 425 | 260 | 220 | 235 | 164.19 | 123.14 | 109.46 | 82.10 | 153 |
| | | | 195 | | | | | | 485 | 290 | 260 | 275 | 169.64 | 127.23 | 113.09 | 84.82 | 158 |
| 65 | 990 | 115 | 165 | 50 | | | | | 425 | 260 | 220 | 235 | 179.50 | 134.62 | 119.66 | 89.75 | 168 |
| | | | 195 | | | | | | 485 | 290 | 260 | 275 | 184.94 | 138.71 | 123.30 | 92.47 | 173 |
| 65 | 1080 | 120 | 165 | 50 | | | | | 425 | 260 | 220 | 235 | 194.80 | 146.10 | 129.87 | 97.40 | 182 |
| | | | 195 | | | | | | 485 | 290 | 260 | 275 | 200.25 | 150.19 | 133.50 | 100.13 | 187 |
| 70 | 1020 | 120 | 175 | 50 | | | | | 450 | 275 | 235 | 250 | 185.40 | 139.05 | 123.60 | 92.70 | 174 |
| | | | 210 | | | | | | 520 | 310 | 280 | 295 | 193.85 | 145.39 | 129.23 | 96.92 | 181 |
| 70 | 1140 | 125 | 175 | 50 | | | | | 450 | 275 | 235 | 250 | 205.67 | 154.25 | 137.11 | 102.83 | 193 |
| | | | 210 | | | | | | 520 | 310 | 280 | 295 | 214.26 | 160.69 | 142.84 | 107.13 | 200 |
| 70 | 1260 | 130 | 175 | 50 | | | | | 450 | 275 | 235 | 250 | 225.93 | 169.45 | 150.62 | 112.97 | 212 |
| | | | 210 | | | | | | 520 | 310 | 280 | 295 | 234.67 | 176.00 | 156.44 | 117.33 | 219 |

TABLA 9.47

CABEZALES DE 7 PILOTES

DATOS							GEOMETRIA							ARMADURA				
														2800 kg/cm²		4200 kg/cm²		Rp
DIAM cm	P ton	a min cm	e cm	b cm	c cm	c₁ cm	f cm	g cm	l₁ cm	l₂ cm	d cm	h cm	ASx cm²	ASy cm²	ASx cm²	ASy cm²	ton
42	420		105	35	20	40	90		145	250	125	140	71.72	62.11	47.81	41.41	60
			125				110		165	290	150	165	72.79	63.04	48.53	42.03	61
42	525		105	35	20	40	90		145	250	125	140	80.86	76.96	59.24	51.30	74
			125				110		165	290	150	165	89.80	77.77	59.87	51.84	75
50	630		125	40	25	45	110		175	300	150	165	107.40	93.01	71.60	62.01	90
			150				130		200	340	180	195	110.31	95.53	73.54	63.69	93
50	770		125	40	25	45	110		175	300	150	165	130.08	112.65	86.72	75.10	109
			150				130		200	340	180	195	132.99	115.17	88.66	76.78	112
52	700		130	40	25	50	115		180	310	155	170	119.99	103.91	79.99	69.28	100
			155				135		205	350	185	200	122.95	106.48	81.97	70.99	103
52	805		130	40	25	50	115		180	310	155	170	137.11	118.74	91.40	79.16	114
			155				135		205	350	185	200	140.05	121.29	93.37	80.96	117
55	770		140	45	25	50	120		190	325	170	185	130.25	112.80	86.83	75.20	111
			165				145		215	375	195	210	137.09	118.72	91.39	79.15	113
55	910		140	45	25	50	120		190	325	170	185	152.66	132.20	101.77	88.14	130
			165				145		215	375	195	210	162.11	138.66	106.74	92.44	132
57	840		145	45	25	50	125		195	340	175	190	142.89	123.75	95.26	82.52	121
			170				150		220	390	200	215	150.03	129.93	100.02	86.62	124
57	980		145	45	25	50	125		195	340	175	190	165.44	143.28	110.29	95.52	140
			170				150		220	390	200	215	173.16	149.96	115.44	99.97	143
60	910		150	45	25	50	130		200	350	180	195	155.66	134.81	103.78	89.87	131
			180				155		230	400	215	230	161.04	139.46	107.36	92.98	135
60	1285		150	45	25	50	130		200	350	180	195	184.01	159.36	122.67	106.24	155
			180				155		230	400	215	230	187.52	164.13	126.34	109.42	158
65	1050		165	50	30	55	145		225	385	195	210	184.13	159.46	122.75	106.31	152
			195				170		255	435	230	245	190.21	164.73	126.81	109.82	157
65	1155		165	50	30	55	145		225	385	195	210	201.40	174.42	134.27	116.20	167
			195				170		255	435	230	245	207.52	179.71	138.34	119.81	171
65	1260		165	50	30	55	145		225	385	195	210	213.67	189.37	145.78	126.25	164
			195				170		255	435	230	245	224.82	194.70	149.68	129.80	166

T A B L A   9.48

CABEZALES   DE   8   PILOTES

| DATOS | | | | | GEOMETRIA | | | | | | | | ARMADURA | | | | |
DIAM cm	P ton	a_min cm	e cm	b cm	c cm	c₁ cm	f cm	g cm	l₁ cm	l₂ cm	d cm	h cm	2800 kg/cm² ASx cm²	2800 kg/cm² ASy cm²	4200 kg/cm² ASx cm²	4200 kg/cm² ASy cm²	Rp ton
42	480		105	35			90		280	255	165	180	69.32	72.04	46.21	48.02	61
			125				110		320	290	195	210	72.10	74.93	48.07	49.95	63
42	600		105	35			90		280	255	165	180	85.55	88.91	57.03	57.27	75
			125				110		320	290	195	210	88.46	91.93	58.97	61.28	77
50	720		125	40			110		330	300	195	210	105.26	109.38	70.17	72.92	92
			150				130		380	340	235	250	108.74	113.01	72.50	75.34	95
50	880		125	40			110		330	300	195	210	127.06	132.04	84.71	88.03	111
			150				130		380	340	235	250	130.45	135.57	86.97	90.38	114
52	800		130	40			115		340	310	205	220	115.73	120.27	77.15	80.18	102
			155				135		390	350	245	260	119.62	124.32	79.75	82.88	106
52	920		130	40			115		340	310	205	220	131.90	137.08	87.94	91.38	116
			155				135		390	350	245	260	135.76	141.09	90.51	94.06	120
55	880		140	45			120		365	330	220	235	128.70	133.75	85.80	89.16	113
			165				145		415	370	260	275	133.08	138.30	88.72	92.20	117
55	1040		140	45			120		365	330	220	235	150.34	156.24	100.23	104.16	120
			165				145		415	370	260	275	154.66	160.73	103.11	107.15	136
57	960		145	45			125		380	340	230	245	139.35	144.82	92.90	96.55	124
			170				150		430	380	270	285	144.20	149.86	96.14	99.91	128
57	1120		145	45			125		380	340	230	245	160.79	167.10	107.20	111.40	143
			170				150		430	380	270	285	165.62	172.12	110.41	114.74	147
60	1040		150	45			130		390	350	235	250	152.79	158.78	101.86	105.86	134
			180				155		450	400	285	300	157.91	164.10	105.27	109.40	140
60	1240		150	45			130		390	350	235	250	179.93	186.99	119.95	124.66	158
			180				155		450	400	285	300	184.76	192.01	123.17	128.00	164

T A B L A 9.49

CABEZALES DE 9 PILOTES

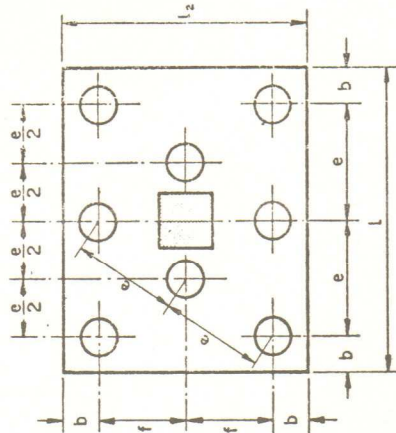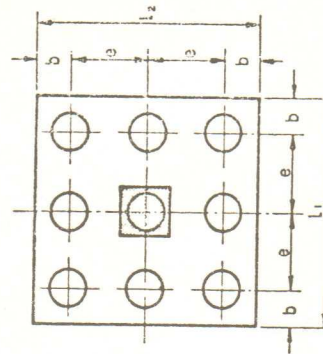| DATOS					GEOMETRIA								ARMADURA				
													2800 kg/cm²		4200 kg/cm²		
DIAM	P	a_min	e	b	c	c_1	f	g	l_1	l_2	d	h	ASx	ASy	ASx	ASy	Rp
cm	ton	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm²	cm²	cm²	cm²	ton
42	540		105	35				75	220	220	175	190	54.18	54.18	36.12	36.12	60
			125					90	250	250	210	225	54.92	54.92	36.61	36.61	61
42	675		105	35				75	220	220	175	190	67.17	67.17	44.78	44.78	74
			125					90	250	250	210	225	67.81	67.81	45.20	45.20	75
50	810		125	40				90	260	260	210	225	80.97	80.97	53.98	53.98	90
			150					105	290	290	250	265	83.33	83.33	55.55	55.55	92
50	990		125	40				90	260	260	210	225	98.15	98.15	65.43	65.43	109
			150					105	290	290	250	265	100.65	100.65	67.10	67.10	111
52	900		130	40				90	260	260	220	235	89.07	89.07	59.38	59.38	99
			155					110	300	300	260	275	91.99	91.99	61.33	61.33	102
52	1035		130	40				90	260	260	220	235	101.86	101.86	67.90	67.90	114
			155					110	300	300	260	275	104.90	104.90	69.93	69.93	116
55	990		140	45				100	285	285	235	250	99.46	99.46	66.30	66.30	110
			165					120	325	325	280	295	100.96	100.96	67.31	67.31	113
55	1170		140	45				100	285	285	235	250	116.65	116.65	77.77	77.77	129
			165					120	325	325	280	295	117.97	117.97	78.65	78.65	132
57	1080		145	45				105	300	300	245	260	108.08	108.08	72.06	72.06	121
			170					120	330	330	285	300	111.17	111.17	74.11	74.11	123
57	1260		145	45				105	300	300	245	260	125.16	125.16	83.44	83.44	140
			170					120	330	330	285	300	128.38	128.38	85.59	85.59	142

TABLA 9.50

CABEZALES DE 10 PILOTES

DATOS									GEOMETRIA					ARMADURA				
DIAM	P	a_{min}	e	b	c	c_i	f	g	l_1	l_2	d	h	2800 kg/cm²		4200 kg/cm²		Rp
cm	ton	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	ASx cm²	ASy cm²	ASx cm²	ASy cm²	ton
42	600		105	35	20	40	90		250	250	165	180	108.81	68.00	72.54	45.34	60
			125				110		290	290	195	210	112.42	70.26	74.95	46.84	61
42	750		105	35	20	40	90		250	250	165	180	134.78	84.24	89.85	56.16	74
			125				110		290	290	195	210	139.58	86.62	92.39	57.74	76
50	900		125	40	25	45	110		300	300	195	210	165.29	103.31	110.20	68.87	90
			150				130		350	340	235	250	169.34	105.84	112.89	70.56	93
50	1100		125	40	25	45	110		300	300	195	210	200.18	125.11	133.45	83.41	109
			150				130		350	340	235	250	204.08	127.55	136.05	85.03	112
52	1000		130	40	25	50	115		310	310	205	220	181.75	113.59	121.17	75.73	100
			155				135		360	350	245	260	186.36	116.48	124.24	77.65	103
52	1150		130	40	25	50	115		310	310	205	220	207.63	129.77	138.42	86.51	115
			155				135		360	350	245	260	212.18	132.62	141.46	88.41	117
55	1100		140	45	25	50	120		330	325	220	235	201.47	125.92	134.32	83.95	111
			165				145		380	375	260	275	207.01	129.38	138.00	86.25	114
55	1300		140	45	25	50	120		330	325	220	235	236.11	147.57	157.40	98.38	130
			165				145		380	375	260	275	241.54	150.96	161.03	100.64	133
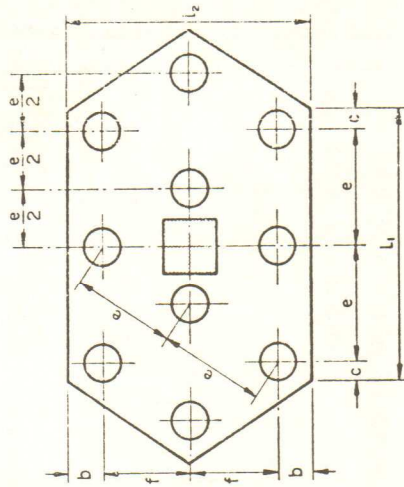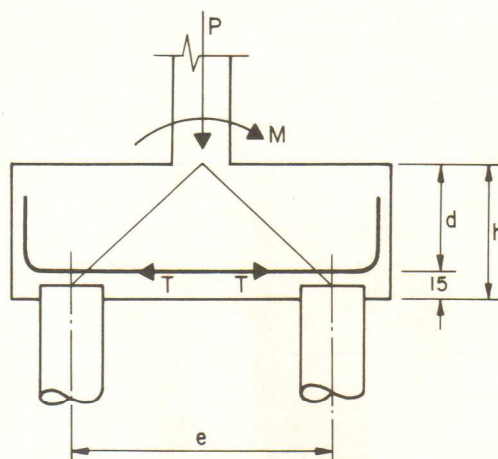
Se tiene que la reacción del pilote más desfavorable tomando en cuenta la carga axial y los momentos es:

$$R_p = \frac{P}{n} \pm \frac{M_x}{\Sigma d_x^2} \; X \pm \frac{M_y}{\Sigma d_y^2} \; Y$$

con lo que tendremos una carga equivalente igual a $n\,R_p$, con la cual se diseñará el cabezal, siguiendo el mismo procedimiento descrito para cabezales sometidos a carga axial y en donde:

R_p = Reacción del pilote más desfavorable

n = Número de pilotes

P = Carga axial de la columna

P_e = Carga axial equivalente

M_x = Momento en el sentido X proveniente de la columna

M_y = Momento en el sentido Y proveniente de la columna

X = Abscisa del centro de gravedad del conjunto de pilotes

Y = Ordenada del centro de gravedad del conjunto de pilotes

Σd_x^2 = Suma del cuadrado de las abscisas de cada pilote

Σd_y^2 = Suma del cuadrado de las ordenadas de cada pilote

Cabezal	R_p = Reacción máx Pilote	P_e = Carga Equivalente
2 Pilotes	$R_p = \dfrac{P}{2} \pm \dfrac{M_x}{e}$	2 R_p
3 Pilotes	$R_p = \dfrac{P}{3} \pm \dfrac{M_x}{e} \pm \dfrac{M_y}{\sqrt{\frac{3}{2}}\,e}$	3 R_p
4 Pilotes	$R_p = \dfrac{P}{4} \pm \dfrac{M_x}{2e} \pm \dfrac{M_y}{2e}$	4 R_p
5 Pilotes Hexagonal	$R_p = \dfrac{P}{5} \pm \dfrac{M_x}{2\sqrt{2}\,e} \pm \dfrac{M_y}{2\sqrt{2}\,e}$	5 R_p
6 Pilotes Rectangular	$R_p = \dfrac{P}{6} \pm \dfrac{2\,M_x}{9\,e} \pm \dfrac{M_y}{2\sqrt{3}\,e}$	6 R_p
6 Pilotes	$R_p = \dfrac{P}{6} \pm \dfrac{M_x}{4e} \pm \dfrac{M_y}{3e}$	6 R_p
7 Pilotes	$R_p = \dfrac{P}{7} \pm \dfrac{M_x}{9e} \pm \dfrac{M_y}{2\sqrt{3}\,e}$	7 R_p
8 Pilotes	$R_p = \dfrac{P}{8} \pm \dfrac{M_x}{27\,e} \pm \dfrac{M_y}{3\sqrt{3}\,e}$	8 R_p
9 Pilotes	$R_p = \dfrac{P}{9} \pm \dfrac{M_x}{3\sqrt{2}\,e} \pm \dfrac{M_y}{3\sqrt{2}\,e}$	9 R_p
10 Pilotes	$R_p = \dfrac{P}{10} \pm \dfrac{M_x}{6e} \pm \dfrac{M_y}{3\sqrt{3}\,e}$	10 R_p

DISEÑO DE CABEZAL

DISEÑAR UN CABEZAL PARA LAS SOLICITACIONES Y CARACTERISTICAS INDICADAS A CONTINUACION.

DATOS :

$P = 300\ T.$

$mx = 40\ T\text{-}mt.$

$my = 10\ T\text{-}mt.$

$f'c = 250\ K/cm^2$

$fy = 4.200\ K/cm^2$

$a = 75$

$Rp = 100\ T.$

$\phi = 50\ cm.$

$e = 1.25\ mts.$

1 - DETERMINACION DEL NUMERO DE PILOTES

$$n = \frac{1.05\ P}{Rp} = \frac{1.05 \times 300}{100} = 3.15$$

SE ADOPTA $n = 4$

2 - FORMA, DIMENSIONES Y PESO PROPIO DEL CABEZAL
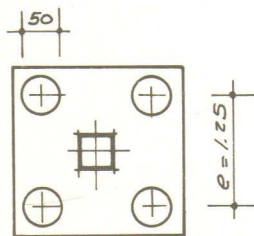
SE USARA UN CABEZAL CUADRADO, LAS DIMENSIONES SERAN :

$\ell = e + \phi + 0.30$

$\ell = 1.25 + .50 + .30 = 2.05$

$d = \sqrt{\frac{2e}{2}}\ tg.\ 50° = \frac{1.25}{2}\sqrt{2} \times tg\ 50 = 1.05$

$h = d + 0.15 = 1.05 + 0.15 = 1.20$

SE ADOPTA UN CABEZAL DE $2.05 \times 2.05 \times 1.20$

$Pp = \overline{2.05}^2 \times 1.20 \times 2.5 = 12.6\ Tn.$

3- CARGA EQUIVALENTE

HACIENDO USO DE LAS FORMULAS INDICADAS
EN LA TABLA CORRESPONDIENTE SE CAL-
-CULARA LA CARGA EQUIVALENTE.

$$Rp = \frac{P}{4} + \frac{Mx}{2e} + \frac{My}{2e}$$

$$Rp = \frac{300 + 12.6}{4} + \frac{40}{2 \times 1.25} + \frac{10}{2 \times 1.25} = 78.15 + 16.0 + 4.0$$

$$Rp = 98.15 \ T.$$
$$P(eq) = n \ Rp = 4 \times 98.15 = 392.60 \ T.$$

4- REFUERZO METALICO

ENTRANDO EN LA TABLA CORRESPONDIENTE
A 4 PILOTES CON LOS VALORES

$P = 392.60 \ T.$
$\phi = 50 \ cms.$
$e = 125 \ cms.$
$fy = 4.200 \ k/cm^2$

SE OBTIENE:

$l_1 = l_2 = 205 \ cms.$
$d = 1.05$
$h = 1.20$
$Asx = Asy = 41.55 \ cm^2$

EN DEFINITIVA SE ADOPTA UN CABEZAL
DE 2.05 × 2.05 × 1.20
CON 11 ϕ 7/8" EN C/ DIRECCION

SEGUN SE INDICA EN LA FIGURA ANEXA

OBSERVESE QUE LOS VALORES DE
P = 392.60 y a = 75, SON INTER -
MEDIOS ENTRE LOS QUE APARECEN
EN LA TABLA, HABIENDOSE ADOPTADO
EL VALOR DE As CORRESPONDIENTE
A P = 440 y a = 80, CON SEPARA -
- CION   e = 125.

NO SE CONSIDERO NECESARIO INTER -
- POLAR, DEBIDO A LA PEQUEÑA DIFE -
- RENCIA DE ACERO EXISTENTE ENTRE
LOS CASOS EXTREMOS SEÑALADOS EN LA
TABLA.

DISEÑO DE CABEZAL

DISEÑAR UN CABEZAL PARA LAS SOLICITACIONES Y CARACTERISTICAS INDICADAS A CONTINUACION.

DATOS :   SEGUN ESTUDIO DE SUELOS

$P = 655$ T. $P_P = 120$ T.

$f'c = 250$ K/cm² $\phi = 52$ cms.

$fy = 4.200$ K/cm² $e = 130$ cms.

$a = 0.90$

A - POR FORMULAS

A-1. DETERMINACION DEL NUMERO DE PILOTES.

$$n = \frac{1.05\,P}{P_P} = \frac{1.05 \times 655}{120} = 5.73$$

SE ADOPTA $n = 6$

A·2. FORMA, DIMENSIONES Y PESO PROPIO DEL CABEZAL.
SE USARA UN CABEZAL RECTANGULAR DE 3.40 x 2.10 EN PLANTA SEGUN FIGURA ANEXA.
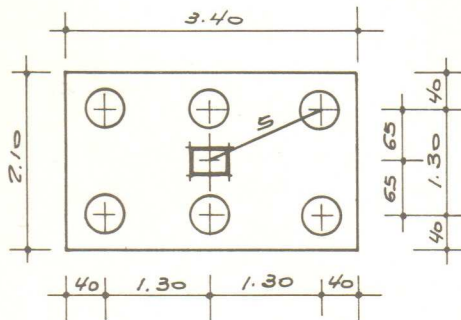
LA ALTURA SERA DETERMINADA DE MANERA TAL QUE LA BIELA COMPRIMIDA QUE VA DEL CEN- -TRO DE LA COLUMNA AL PI- -LOTE MAS ALEJADO TENGA INCLINACION DE 50°.

$$S = \sqrt{1.3^2 + \overline{0.65}^2} = 1.45$$

$$d = S\,tg.\,50° = 1.45 \times 1.19$$

$$d \simeq 1.75 \qquad h = 1.90$$

SE CALCULA EL PESO PROPIO DEL CABEZAL
$$P_P = 3.40 \times 2.10 \times 1.90 \times 2.5 = 33.92\ Tn.$$

3- FUERZAS DE TRACCION Y AREA DE ACERO
REQUERIDA   LAS TRACCIONES EN
LA BASE DEL CABEZAL VALDRAN:

$$T_x = \frac{P \times e}{3d} = \frac{(655 + 33.92) \times 1.3}{3 \times 1.75} = 170,6 \, T.$$

$$\Delta s_x = \frac{T_x}{f_s} = \frac{170.6}{2.1} = 81.23 \, cm^2$$

$$T_y = \frac{P \times e}{4d} = \frac{(655 + 33.92) \times 1.3}{4 \times 1.75} = 127.94 \, T.$$

$$\Delta s_y = \frac{T_y}{f_s} = \frac{151.0}{2.1} = 60.92 \, cm^2$$

SE DISPONDRAN 16 ∅ 1" EN SENTIDO LARGO
Y 16 ∅ 7/8" EN SENTIDO CORTO.

B- POR TABLAS

B-1 SE MAYORA LA CARGA EN UN 5% PARA
CONSIDERAR EL PESO PROPIO DEL CABEZAL

$$P_{diseño} = 1.05 \, P = 1.05 \times 655 = 688 \, T.$$

B-2 ENTRANDO EN LA TABLA CORRESPONDIENTE
A CABEZALES RECTANGULARES DE 6 PILOTES,
CON LOS VALORES DE LA CARGA Y DIAMETRO DEL
PILOTE SE OBTIENE LA GEOMETRIA DEL CABE-
ZAL Y EL AREA DE ACERO.

PARA $P \geqslant 688 \, T.$

$\phi = 52 \, cms.$

SE OBTIENE $e = 1.30 \, mts.$
$\ell_1 = 3.40 \, mts.$
$\ell_2 = 2.10 \, "$
$d = 1.75 \qquad h = 1.90$
$\Delta s_x = 81.33 \, cm^2 \longrightarrow 16 \, \phi \, 1"$
$\Delta s_y = 60.99 \, " \longrightarrow 16 \, \phi \, 7/8"$